

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ**

ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ

*(для студентів 1 курсу денної форми навчання
напряму підготовки 6.060101 «Будівництво»
спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи з дисципліни «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ» (для студентів 1 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Д. В. Шаульський. – Х. : ХНУМГ, 2013. – 34 с.

Укладач: Д. В. Шаульський

Рецензент: к.т.н., доц. І. М. Патракеєв

Затверджено на засіданні кафедри геоінформаційних систем, оцінки землі та нерухомого майна, протокол № 1 від 27.08.2013 р.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Передмова..... | 4 |
| 1 Масштаби і умовні знаки топографічних карт..... | 5 |
| 2 Визначення номенклатури топографічної карти..... | 10 |
| 3 Математичне опрацювання рівноточних вимірювань однієї величини..... | 14 |
| 4 Математичне опрацювання нерівноточних вимірювань однієї величини..... | 17 |
| 5 Вивчення будови нівеліра. Вимірювання перевищень..... | 21 |
| 6 Вивчення будови теодоліта. Вимірювання горизонтальних кутів..... | 25 |
| 7 Вимірювання кутів нахилу..... | 29 |
| Список джерел..... | 32 |
| Додаток А Стандартний шрифт ГОСТ 2.304-81 Тип А..... | 33 |

ПЕРЕДМОВА

Ці методичні вказівки призначені для полегшення засвоєння дисципліни «Інженерна геодезія». Вони визначають склад, зміст, і послідовність виконання лабораторних робіт, передбачених робочою програмою дисципліни «Інженерна геодезія» для студентів 1 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція». Кожна лабораторна робота розрахована на дві (чотири) академічні години.

Лабораторні роботи студенти виконують під наглядом викладача на лабораторних заняттях, у спеціально обладнаній аудиторії. Всі студенти виконують одну і ту ж саму роботу, кожен за своїм приладом.

До лабораторної роботи студент повинен підготуватися заздалегідь. Необхідно ознайомитись з теоретичним матеріалом, який відноситься до даної теми. Для цього після теми кожної лабораторної роботи в цих вказівках приводяться посилання на літературні джерела для самостійного опрацювання теоретичного матеріалу. Для полегшення засвоєння матеріалу приводяться питання для самоперевірки.

Вивчення додаткових джерел та пошук відповідей на контрольні питання дозволить студенту розширити свій світогляд, краще засвоїти будову приладів та можливості їх застосування.

Правила виконання лабораторних робіт

1. Прилади та приладдя видаються лаборантом кафедри під заставу студентського квитка. Студенти несуть відповідальність за отримані прилади.

2. Перед встановленням приладу необхідно закріпити гвинти на ніжках штативу.

3. Недопустимо торкатися пальцями оптики.

4. Перед початком роботи з геодезичними приладами підйомні і мікрометричні гвинти повинні бути виведені в середнє положення.

5. Перед тим, як обертати прилад, чи будь-яку його частину, слід переконатися в тому, що відповідні закріпні гвинти відкріплені.

6. Всі написи у відповідних таблицях повинні бути зроблені ясним і чітким шрифтом.

7. Під час роботи слід дотримуватися тиші, чистоти і порядку.

За результатами виконаних вимірювань студент складає звіт з лабораторної роботи. Після перевірки звітних матеріалів з лабораторних робіт викладачем та виправлення вказаних недоліків, лабораторні роботи необхідно оформити. Результати вимірів та розрахунків заносяться до відповідних таблиць бланку із завданням. Записи слід робити акуратно, стандартним шрифтом (додаток А), спочатку олівцем, а після їх перевірки викладачем – чорною ручкою.

Оформлені роботи захищаються студентом і заліковуються викладачем. Під час захисту лабораторних робіт студент повинен позитивно відповісти на запитання, основні з яких приведені на початку кожної лабораторної роботи.

1 МАСШТАБИ І УМОВНІ ЗНАКИ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

Мета роботи: вивчити масштаби топографічних планів і карт, навчитися з ними працювати; ознайомитись з деякими найбільш поширеними умовними знаками і правилами їх зображення.

Прилади та приладдя. Циркуль-вимірник, масштабна лінійка, твердий олівець, топографічний план.

Вихідні дані. N – номер варіанту (за списком викладача).

Зміст роботи. Необхідно накреслити лінійний та поперечний масштаби і, користуючись ними, побудувати відрізки заданої довжини; скласти опис умовних знаків на задану ділянку топографічного плану.

Порядок роботи

1. Вивчення масштабів.

1.1 На аркуші креслярського паперу формату А4, щільності не менше 160 гр/м² накреслити рамку, штамп та написи «ЛІНІЙНИЙ МАСШТАБ», «1:25000, в 1 см 250 м», «ПОПЕРЕЧНИЙ МАСШТАБ», «1:50000, в 1 см 500 м», «1:1000, в 1 см 10 м», «1:2000, в 1 см 20 м» (див. рис. 1). Написи роблять стандартним шрифтом (додаток А), розміром, який вказаний в дужках на рис. 1.

1.2 Накреслити та підписати лінійний масштаб, який відповідає числовому масштабу 1:25000. За основу прийняти відрізок, який дорівнює 2 см. Крайню ліву основу розділити на 20 рівних частин. Ціна поділки лінійного масштабу в такому випадку дорівнюватиме 25 м.

1.3 Користуючись накресленим лінійним масштабом, відкласти за допомогою циркуля-вимірника відрізок довжиною

$$d_1 = 750 + 25 \cdot N,$$

де N – номер варіанту.

Наприклад, для варіанту $N = 33$ довжина відрізка дорівнює

$$d_1 = 750 + 25 \cdot 33 = 1575 \text{ м.}$$

Щоб відкласти на лінійному масштабі відрізок $d_1 = 1575$ м, ліву ніжку циркуля-вимірника суміщаємо з нульовою поділкою, а праву – з поділкою, підписаною як «1500 м». Потім, не змінюючи положення правої ніжки циркуля-вимірника, переставляємо ліву ніжку на 3 поділки вліво від нуля.

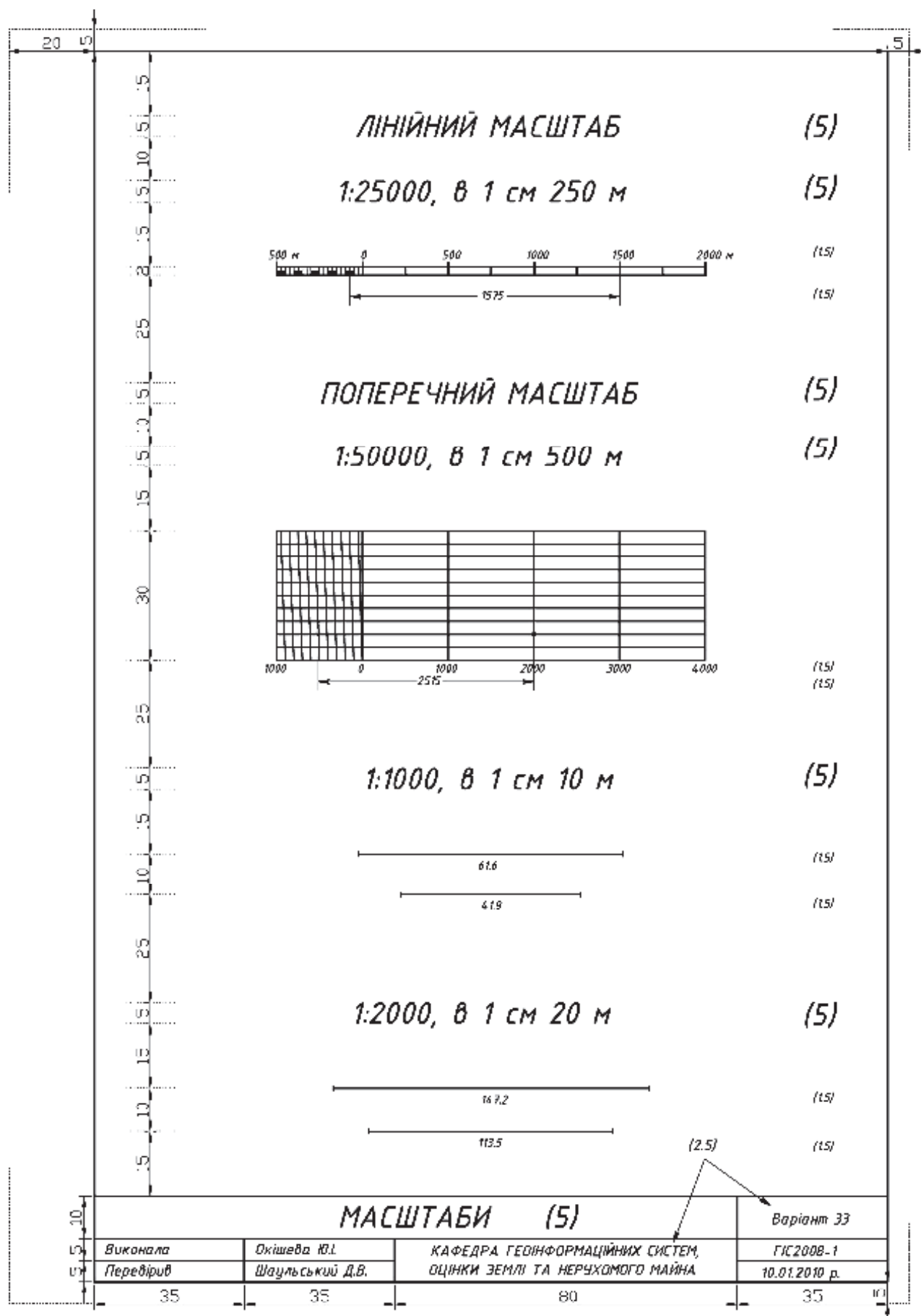


Рис. 1 – Зразок оформлення звіту з лабораторної роботи №1
(вивчення масштабів)

Отриманий таким чином відрізок креслимо на 5 мм нижче лінійного масштабу, та підписуємо у розриві лінії.

1.4 Накреслити та підписати поперечний масштаб, який відповідає числовому масштабу 1:50000. За основу прийняти відрізок, який дорівнює 2 см. Крайню ліву основу розділити на 10 рівних частин. Гранична точність поперечного масштабу в такому випадку дорівнюватиме 10 м.

1.5 Користуючись накресленим поперечним масштабом, відкласти за допомогою циркуля-вимірника відрізок довжиною

$$d_2 = 2020 + 15 \cdot N$$

Наприклад, для варіанту $N = 33$ довжина відрізка дорівнює

$$d_2 = 2020 + 15 \cdot 33 = 2515 \text{ м.}$$

Щоб відкласти відрізок $d_2 = 2515$ м, спочатку обчислюють необхідну кількість основ (a), десятих частин основ (n) і сотих частин основ (m) поперечного масштабу для розхилу ніжок циркуля-вимірника на шукану величину. Розхил ніжок, виражений в кількості основ масштабу, дорівнює

$$Q = \frac{d}{a}, \quad (1)$$

де a – основа поперечного масштабу в метрах, що відповідає заданому масштабу плану (табл. 1);

d – довжина відрізка в метрах.

Таблиця 1 – Значення поділок поперечного масштабу

| Поділка, мм | Відстань на місцевості, м | | |
|-------------------|---------------------------|--------|---------|
| | 1:1000 | 1:2000 | 1:50000 |
| $a = 20$ | 20 | 40 | 1000 |
| $n = a/10 = 2$ | 2 | 4 | 100 |
| $m = a/100 = 0.2$ | 0.2 | 0.4 | 10 |

Підставивши числові дані в формулу (1) отримаємо

$$Q = \frac{2515}{1000} \approx 2.52.$$

Це означає, що для побудови заданого відрізка, в розхил циркуля-вимірника необхідно помістити 2 основи, 5 десятих частин основи і 2 сотих частини основи. Отже, ліву ніжку циркуля-вимірника суміщаємо з нульовою поділкою, а праву – з поділкою, підписаною як «2000 м». Потім, не змінюючи положення правої ніжки циркуля-вимірника, переставляємо ліву ніжку на 5 поділок вправо від нуля. Тепер підіймаємо обидві ніжки циркуля-вимірника на 2 поділки вверх, при цьому праву ніжку пересуваємо вздовж перпендикуляра, а ліву – вздовж похилої лінії.

Отриманий таким чином відрізок креслимо на 5 мм нижче лінійного масштабу, та підписуємо у розриві лінії.

1.6 Користуючись масштабною лінійкою, відкласти за допомогою циркуля-вимірника в масштабі 1:1000 відрізки довжиною

$$d_3 = 55 + 0.2 \cdot N;$$

$$d_4 = 32 + 0.3 \cdot N.$$

1.7 Користуючись масштабною лінійкою, відкласти за допомогою циркуля-вимірника в масштабі 1:2000 відрізки довжиною

$$d_3 = 134 + 0.4 \cdot N;$$

$$d_6 = 97 + 0.5 \cdot N.$$

2. Вивчення умовних знаків.

2.1 На топографічному плані накреслити межі ділянки відповідно до вашого номеру варіанта.

2.2 Користуючись довідником умовних знаків [1] визначити об'єкти, які зображені на заданій ділянці топографічного плану та скласти опис відповідних умовних знаків за зразком приведеним на рис. 3.

Наприклад, на ділянці топографічного плану, представлений на рис. 2, зображені об'єкти і предмети місцевості, список яких приведений на рис. 3.

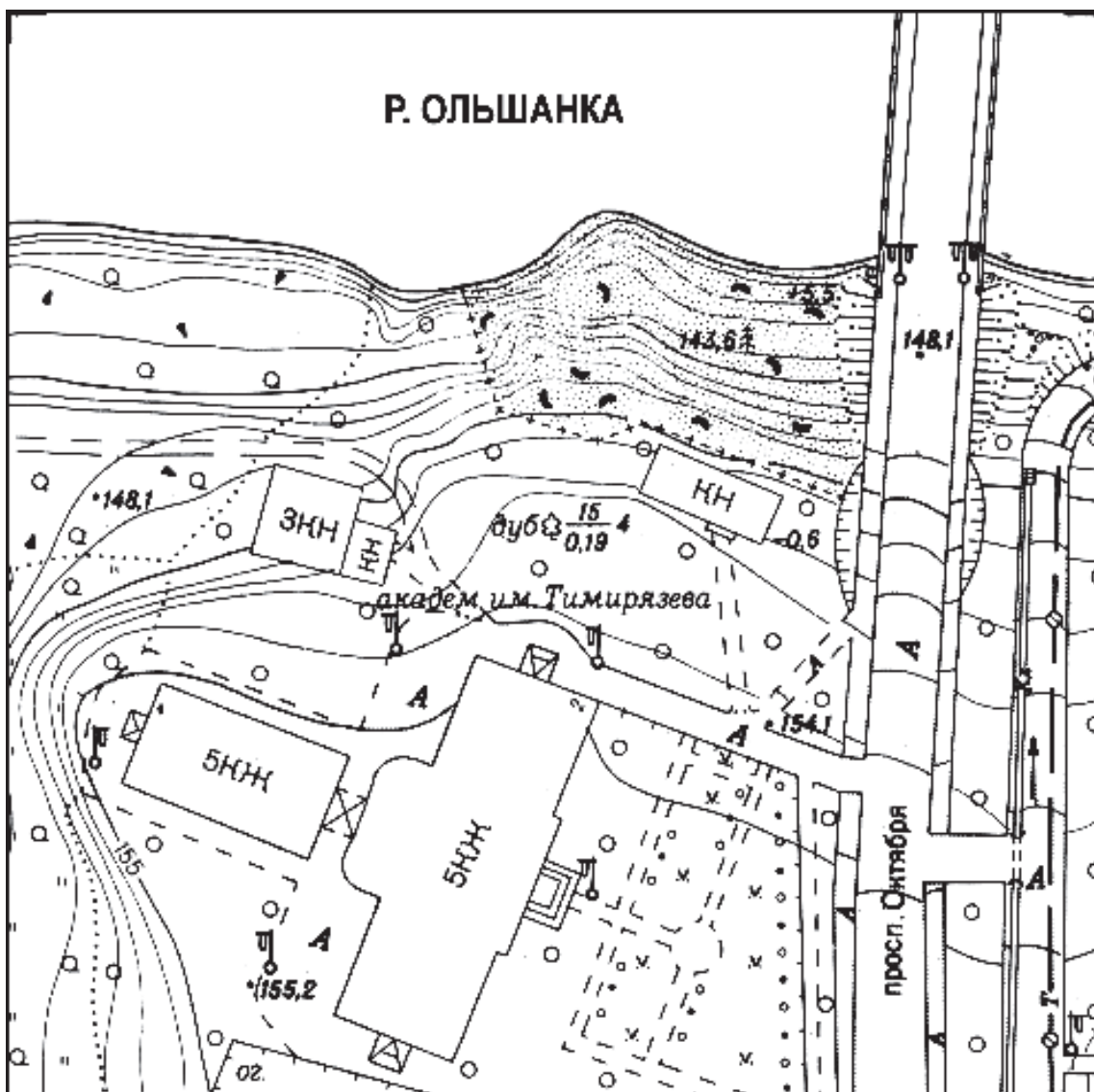


Рис. 2 – Фрагмент топографічного плану масштабу 1:2000

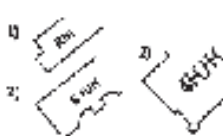
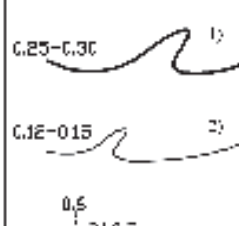
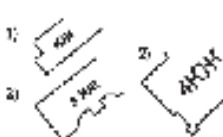


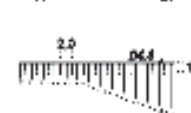
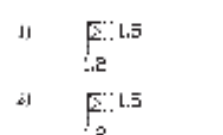

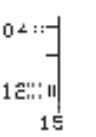
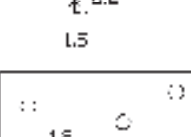
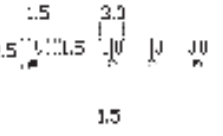
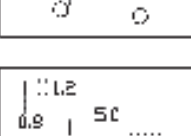
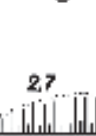
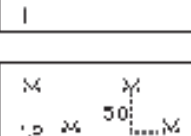
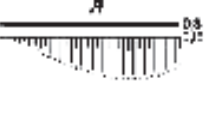
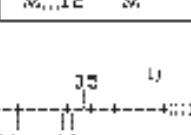

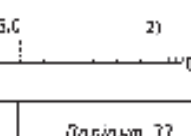
| НАЗВА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ | УМОВНІ ЗНАКИ М 1:2000 | НАЗВА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ | УМОВНІ ЗНАКИ М 1:2000 |
|--|---|---|---|
| Будівлі житлові багатостіпінні (цегляні, кам'яні, бетонні, шлякоблочні тощо) 1) одноповерхові 2) багатоповерхові (цифри - кількість по- верхів, букви - мате- ріал спорудження та призначення будівлі) |  | Горизонталі 1) потовщені (через задо- баний інтервал основного перерізу) 2) основні |  |
| Будівлі нежитлові багатостіпінні 1) одноповерхові 2) багатоповерхові |  | Осипи твердих порід 1) кам'янисті щойнові 2) галькові |  |
| Переходи між будівлями |  | Укоси укріплені (підписи - засоби укріплення; цифри висоти в метрах) |  |
| Ганки закриті 1) кам'яні 2) дерев'яні |  | Контури рослинності сільськогосподарських угідь тощо |  |
| Ганки відкриті, склади пшениці |  | Характеристика ліній деревостой, хвойні |  |
| Лінійні електричні на стовпах |  | Річкові мережі на водосховищах |  |
| Колодязі озлядові (лики) підземних комунікацій |  | Трав'яна лужба рослинність (різноманітні) |  |
| Дороги на насипах та дам- бах (цифри - висота насипу у метрах) 1) автомобільні дороги з асфальтом; укоси від- криті |  | Газони |  |
| Річки та струмки, ширина яких виходить в масштабі плану |  | Огороджі 1) з колючого дроту 2) дерев'яні |  |
| УМОВНІ ЗНАКИ (5) | | | Варіант 20 |
| Виконав | Олійова Ю.І. | КАФЕДРА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ОЦІНКИ ЗЕМЛІ ТА НЕРУХОМОГО МАЙНА | |
| Перевірив | Шачальський Д.О. | | |
| 35 | 35 | 35 | 35 |

Рис. 3 – Зразок оформлення звіту з лабораторної роботи №1
(вивчення умовних знаків)

Питання для самоперевірки

1. Що називають масштабом плану?
2. Що називають граничною графічною точністю масштабу?
3. Чому дорівнює гранична графічна точність масштабу 1:1 000 000?
4. Яке число метрів на місцевості відповідає 1 см плану масштабу 1:100?
5. На які види поділяють масштаби?
6. Що таке масштабна лінійка?
7. На які види поділяють умовні знаки топографічних планів і карт?

Джерела: [1], С. 1-130; [2], С. 16-17, 19-21, [3], С. 34-36, 40-43.

2 ВИЗНАЧЕННЯ НОМЕНКЛАТУРИ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ

Мета роботи: ознайомитись з міжнародною системою розграфлення і номенклатури карт і планів; навчитись визначати номенклатуру карти, в межах якої знаходиться точка із заданими координатами.

Прилади та приладдя. Твердий олівець, мікрокалькулятор.

Вихідні дані. N – номер варіанту (за списком викладача).

Зміст роботи. Необхідно визначити номенклатуру аркуша карти масштабу 1:10 000 і географічні координати кутів рамок трапеції, якщо відомо, що точка **Z**, розташована на цьому аркуші має координати

$$L = 33^{\circ}33' + 20' \cdot N; \quad (2)$$

$$B = 40^{\circ}10' + 20' \cdot N,$$

де **N** – номер варіанту.

Порядок роботи

1. Підставити в формули (2) ваш номер варіанту і розрахувати вихідні дані. Наприклад, для варіанта 33 широта і довгота точки **Z** дорівнюють відповідно

$$L = 33^{\circ}33' + 20' \cdot 33 = 33^{\circ}33' + 660' = 44^{\circ}33';$$

$$B = 40^{\circ}10' + 20' \cdot 33 = 40^{\circ}10' + 660' = 51^{\circ}10'.$$

2. Використовуючи приведену на рис. 4 схему міжнародного розграфлення карт масштабу 1:1 000 000 за широтою і довготою точки **Z** знайти аркуш карти, в межах якого знаходиться дана точка, і виписати його номенклатуру.

Для даного прикладу точка **Z** розташована на аркуші карти масштабу 1:1 000 000 з номенклатурою **L – 39**.

3. Знаючи, що в межах аркуша карти масштабу 1:1 000 000 знаходиться 144 аркуша карти масштабу 1:100 000 (рис. 5) і враховуючи розміри рамок трапеції, визначити за географічними координатами точки **Z** її місце знаходження в межах аркуша карти масштабу 1:1 000 000.

Знаходимо, що точка **Z** розташована на 127-му аркуші карти масштабу 1:100 000. Номенклатура цього аркуша **L – 39 – 127**.

4. Накреслити схему аркуша, визначеного в п. 3 і показати на ній розміщення і позначення аркушів карти масштабу 1:50 000 (рис. 6 а)

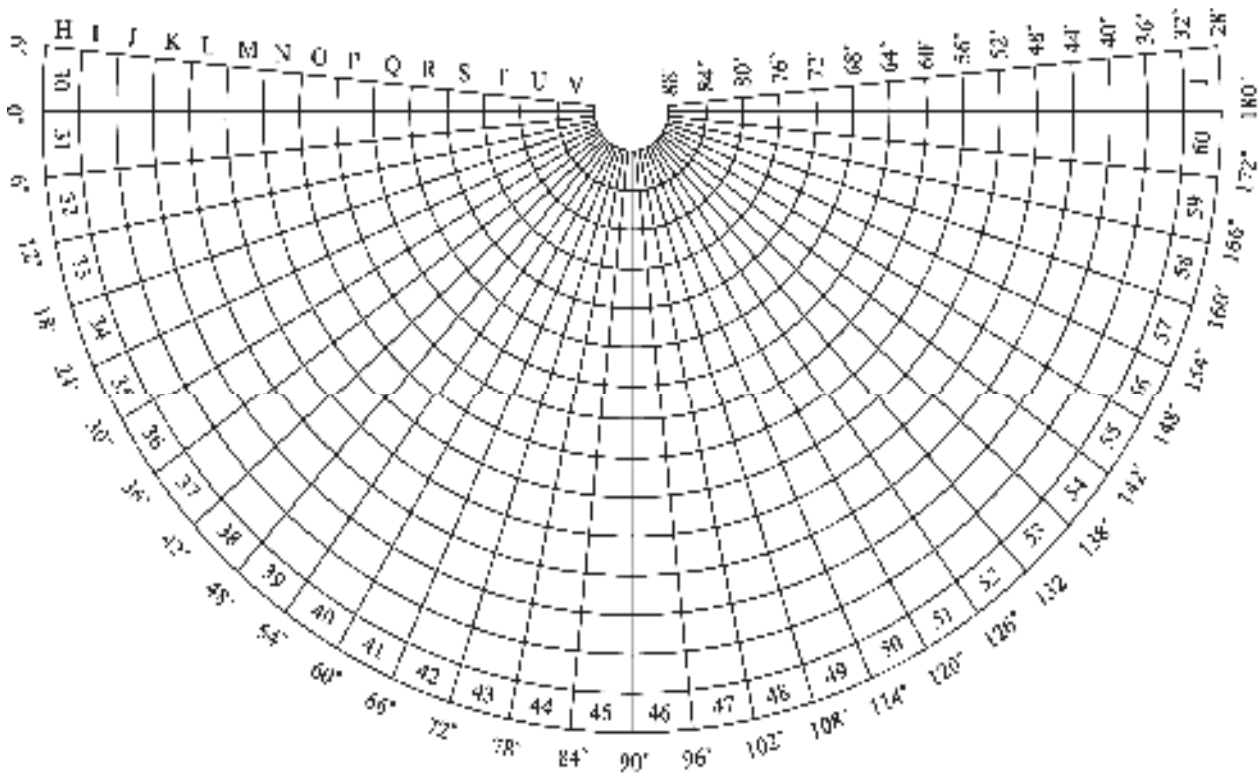


Рис. 4 – Схема розграфлення земної поверхні на аркуші карти масштабу 1:1 000 000

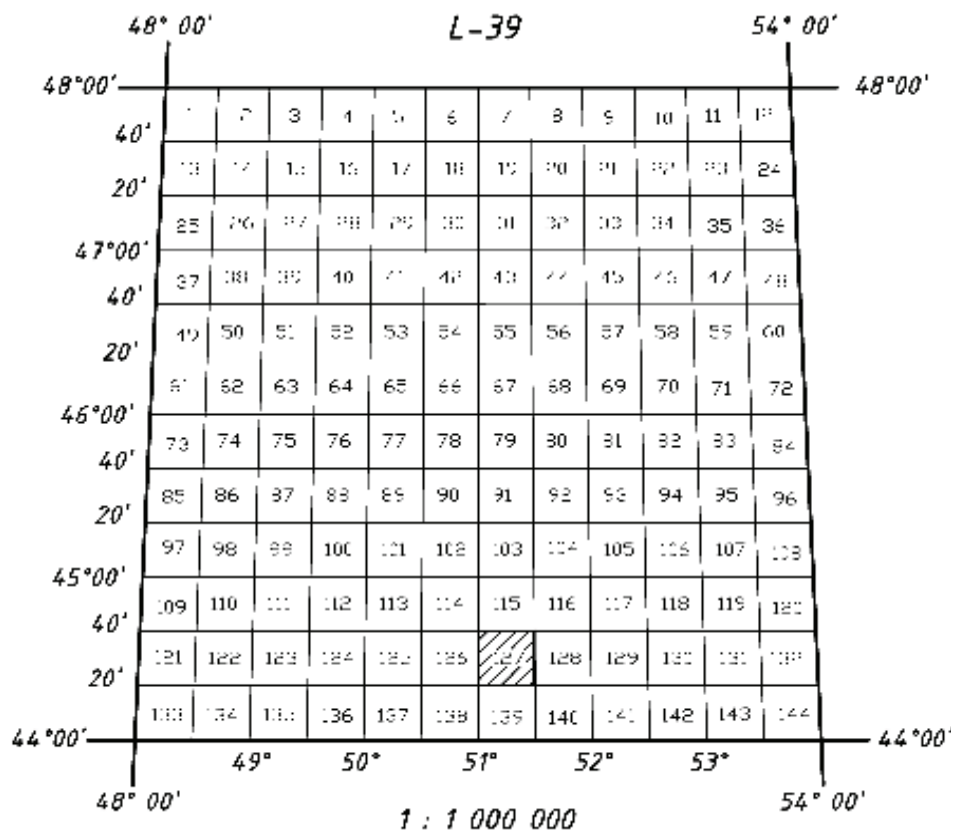


Рис. 5 – Схема розграфлення аркуша карти масштабу 1:1 000 000

5. За географічними координатами точки **Z** знайти її місце положення в межах аркуша карти масштабу 1:100 000.

Для даного варіанту точка **Z** знаходиться в північно-західному куті аркуша карти масштабу 1:100 000, тобто на аркуші карти масштабу 1:50 000 з номенклатурою **L – 39 – 127 – A**.

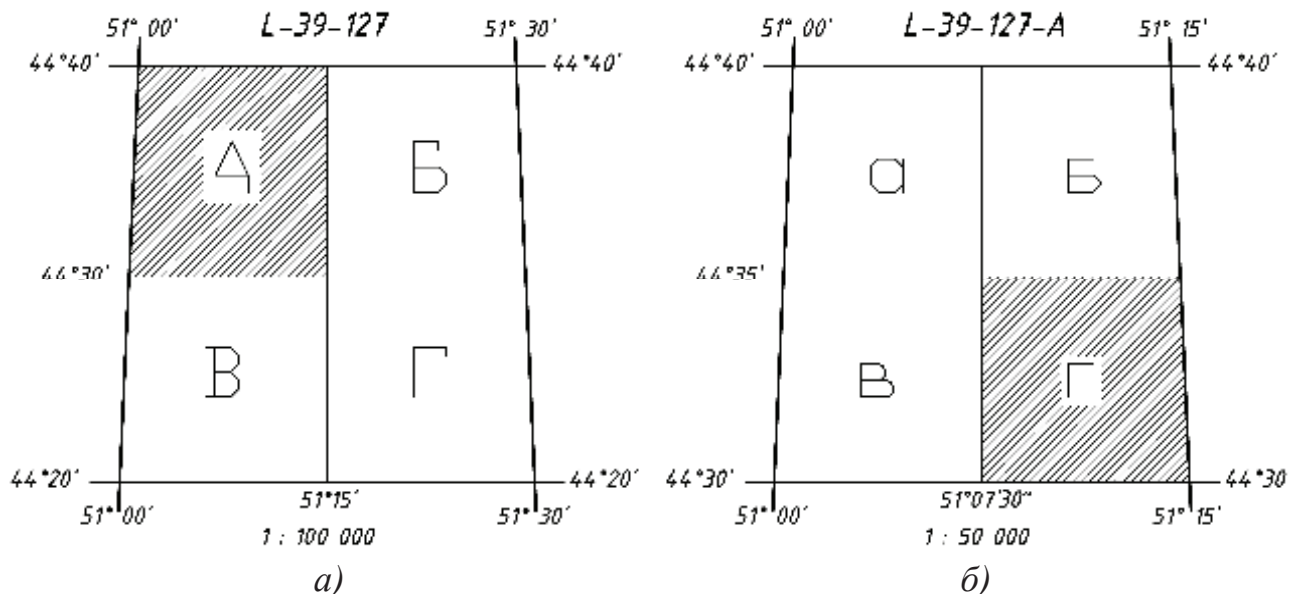


Рис. 6 – Схема розграфлення аркуша карти
а) масштабу 1:100 000; б) масштабу 1:50 000

6. Накреслити схему аркуша, визначеного в п. 5 і показати на ній розміщення і позначення аркушів карти масштабу 1:25 000 (рис. 6 б)

7. Знаючи, що в межах аркуша карти масштабу 1:50 000 знаходиться 4 аркуша карти масштабу 1:25 000 і враховуючи розміри рамок трапеції, визначити за географічними координатами точки **Z** її місце знаходження в межах аркуша карти масштабу 1:50 000.

Знаходимо, що точка **Z** розташована в південно-західному куті аркуша карти масштабу 1:50 000, тобто на аркуші карти масштабу 1:25 000 з номенклатурою **L – 39 – 127 – A – г**.

8. Накреслити схему аркуша, визначеного в п. 7 і показати на ній розміщення і позначення аркушів карти масштабу 1:10 000 (рис. 7 а).

9. Знаючи, що в межах аркуша карти масштабу 1:25 000 знаходиться 4 аркуша карти масштабу 1:10 000 і враховуючи розміри рамок трапеції, визначити за географічними координатами точки **Z** її місце знаходження в межах аркуша карти масштабу 1:25 000.

Знаходимо, що точка **Z** розташована в південно-західному куті аркуша карти масштабу 1:25 000, тобто на аркуші карти масштабу 1:10 000 з номенклатурою **L – 39 – 127 – A – г – 1**.

10. Накреслити окремо схему аркуша карти масштабу 1:10 000 і визначити координати кутів рамок трапеції (рис. 7 б).

11. Отримані данні оформити у вигляді таблиці 2.

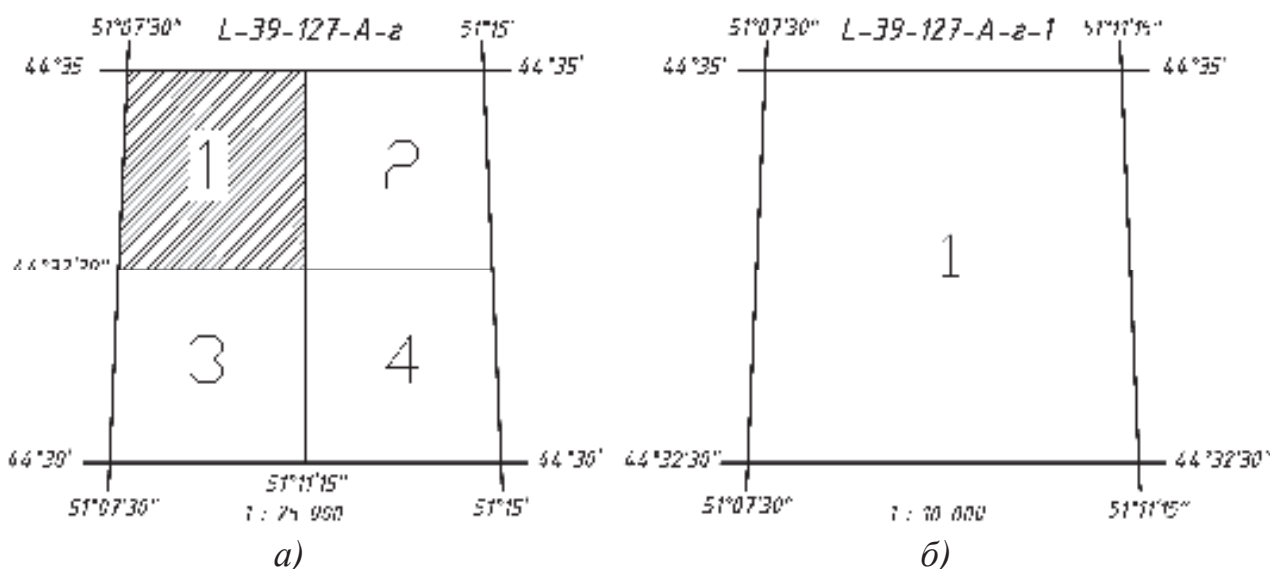


Рис. 7 – Аркуш карти масштабу 1:10 000

а) на аркуші карти масштабу 1:25 000; б) окремо накреслений

Таблиця 2 – Параметри трапеції

| Масштаб | Розмір аркуша | | Номенклатура | Координати кутів рамок трапеції | |
|----------|---------------|------------|----------------|---------------------------------|-------------|
| | за довготою | за широтою | | ПнЗ | ПнС |
| 1:10 000 | 3' 45" | 2' 30" | L-39-127-A-Г-1 | L=51°07'30" | L=51°11'15" |
| | | | | B=44°35'00" | B=44°35'00" |
| | | | | ПдЗ | ПдС |
| | | | | L=51°07'30" | L=51°11'15" |
| | | | | B=44°32'30" | B=44°32'30" |

Питання для самоперевірки

1. Що називають номенклатурою карт?
2. Які масштаби карт прийняті в Україні?
3. Що таке розграфлення карти?
4. Які існують види розграфлення?
5. Що слугує границями листа карти?
6. На яку кількість листів масштабу 1:100 000 поділяють лист карти масштабу 1: 1 000 000?
7. Яку користь представляє система розграфлення і номенклатури карт?

Джерела: [2], С. 13-16; [3], С. 37-40.

3 МАТЕМАТИЧНЕ ОПРАЦЮВАННЯ РІВНОТОЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ОДНІЄЇ ВЕЛИЧИНИ

Мета роботи: практичне застосування формул математичного опрацювання рівно-точних вимірювань однієї величини; засвоєння методу визначення найбільш надійного або вірогіднішого значення вимірюваної величини та оцінки точності вимірювань.

Прилади та приладдя. Інженерний мікрокалькулятор.

Вихідні дані. Видаються викладачем за індивідуальним номером варіанту.

Зміст роботи. В результаті повторних рівно-точних вимірювань однієї величини X , істинне значення якої є невідомим, отриманий ряд результатів

$$l_1, l_2 \dots l_n.$$

Необхідно обчислити найбільш надійне значення вимірюваної величини X , обчислити середні квадратичні похибки одного вимірювання і простої арифметичної середини результатів вимірювань. Оцінити їх надійність.

Порядок роботи

1. Визначити вірогідніше значення вимірюваної величини за формулою

$$L = \frac{[l]}{n}, \quad (3)$$

де L – проста арифметична середина результатів вимірювань;

$[l]$ – сума результатів вимірювань;

n – кількість вимірювань.

Замість формули (3) на практиці використовують більш зручну формулу

$$L = L_0 + \frac{[\delta]}{n}, \quad (4)$$

де L_0 – так званий «умовний нуль».

За умовний нуль зазвичай обирають найменше значення з наведеного ряду результатів вимірювань, або інше доцільно обране значення таким чином, щоб різниці були малими величинами.

$$\delta_i = l_i - L_0 \quad (5)$$

Щоб не накопичувати похибки заокруглення, просту арифметичну середину L обчислюють з числом десяткових знаків на два більше, ніж у результатах вимірювань l_i . Потім заокруглюють це значення, залишаючи кількість десяткових знаків на один більше, ніж у результатах вимірювань. Таким чином, отримують дещо зміщене значення L' , яке відрізняється від L на малу величину

$$\beta = L' - L. \quad (6)$$

2. Обчислити поправки, тобто відхилення результатів вимірювань l_i від арифметичної середини, за формулою

$$v_i = l_i - L'. \quad (7)$$

Теоретично контролем обчислення поправок слугує четверта властивість простої арифметичної середини [4]. На практиці внаслідок заокруглення простої арифметичної середини на величину β , за формулою (7) ми отримуємо

зміщенні поправки. Які, в свою чергу, теж відрізняються від вірогідніших на величину β . Тому контролем обчислення поправок є рівність

$$[v] = n \cdot \beta. \quad (8)$$

3. Двічі, враховуючи вираз

$$[V^2] = [\delta^2] - \frac{[\delta]^2}{n}, \quad (9)$$

обчислити емпіричну середню квадратичну похибку окремого вимірювання за формулою

$$m = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}}. \quad (10)$$

4. Так як емпірична середня квадратична похибка, обчислена за формулою (10) – величина наближена, то необхідно оцінити її надійність. Тобто обчислити середню квадратичну похибку середньої квадратичної похибки. Для цього застосовують формулу

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2(n-1)}}. \quad (11)$$

5. Обчислити середню квадратичну похибку простої арифметичної середини за формулою

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}. \quad (12)$$

6. Обчислити надійність середньої квадратичної похибки простої арифметичної середини за формулою

$$m_M = \frac{m_m}{\sqrt{n}}. \quad (13)$$

Приклад. Горизонтальний кут виміряний 9 прийомами теодолітом 2Т5. Результати вимірювань наведені в табл. 3. Виконати математичне опрацювання результатів рівно-точних вимірювань.

За умовний нуль приймаємо найменший з результатів вимірювань горизонтального кута, тобто

$$L_0 = 110^\circ 08' 33.1''.$$

Обчисливши за формулою (5) різниці δ_i , находимо їх суму

$$[\delta] = 52.7''.$$

Результати обчислень заносимо до табл. 3 (колонка 3). За формулою (4) обчислюємо вірогідніше значення горизонтального кута

$$L = 110^\circ 08' 33.1'' + \frac{52.7''}{9} = 110^\circ 08' 38.956''.$$

Заокруглюємо отриманий результат до 0.01"

$$L' = 110^\circ 08' 38.96'',$$

і находимо похибку заокруглення β за формулою (6)

$$\beta = 110^\circ 08' 38.96'' - 110^\circ 08' 38.956'' = 0.004''$$

Таблиця 3 – Результати математичного опрацювання рівно-точних вимірювань

| № | Горизонтальний кут, l_i | δ_i сек. | δ_i^2 , сек ² . | v_i сек. | v_i^2 , сек ² . |
|----------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | 110° 08' 38.2" | 5.1 | 26.01 | -0.76 | 0.5776 |
| | 110° 08' 43.9" | 10.8 | 116.64 | 4.94 | 24.4036 |
| | 110° 08' 33.1" | 0 | 0 | -5.86 | 34.3396 |
| | 110° 08' 40.6" | 7.5 | 56.25 | 1.64 | 2.6896 |
| 1 | 110° 08' 43.7" | 10.6 | 112.36 | 4.74 | 22.4676 |
| 2 | 110° 08' 36.3" | 3.2 | 10.24 | -2.66 | 7.0756 |
| 7 | 110° 08' 39.1" | 6.0 | 36.00 | 0.14 | 0.0196 |
| 8 | 110° 08' 36.5" | 3.4 | 11.56 | -2.46 | 6.0516 |
| 9 | 110° 08' 39.2" | 6.1 | 37.21 | 0.24 | 0.0576 |
| Σ | | 52.7 | 406.27 | 0.04 | 97.6824 |

Для оцінки точності вимірювань обчислюємо зміщені поправки v_i за формулою (7), і находимо їх суму. Результати заокруглюємо до 0.01" і заносимо до табл. 3 (колонка 5). Виконуємо контроль обчислень шляхом підстановки отриманих значень в рівність (8)

$$0.04 = 0.04.$$

Находимо квадрати поправок і їх сумарне значення $[v^2]$, результати заокруглюємо до 0.0001 сек.² і заносимо до табл. 3 (колонка 6). Перевіряємо виконання рівності (9)

$$97.6824 = 406.27 - \frac{52.7^2}{9},$$

$$97.6824 \approx 97.6822.$$

За формулою (10) обчислюємо емпіричну середню квадратичну похибку одного вимірювання

$$m = \sqrt{\frac{97.6824}{9-1}} = 3.49''.$$

Обчислюємо середню квадратичну похибку простої арифметичної середини за формулою (12)

$$M = \frac{3.49}{\sqrt{9}} = 1.16''.$$

Оцінюємо надійність величин m і M за формулами (11) і (13) відповідно

$$m_m = \frac{3.49}{\sqrt{2 \cdot (9-1)}} = 0.87'';$$

$$m_M = \frac{0.87}{\sqrt{9}} = 0.29''.$$

Остаточний результат математичного опрацювання рівноточних вимірювань горизонтального кута буде таким

$$L = 110^\circ 08' 38.96'' \pm 1.16''.$$

Питання для самоперевірки

1. Які вимірювання називають рівно-точними?
2. Чому за кінцевий результат вимірювань приймають арифметичну середину?
3. Назвіть властивості простої арифметичної середини.
4. За якою формулою обчислюють середню квадратичну похибку простої арифметичної середини?
5. Яка величина служить оцінкою точності результатів рівно-точних вимірювань?

Джерела: [2], С. 26, 28; [4], С. 60-66.

4 МАТЕМАТИЧНЕ ОПРАЦЮВАННЯ НЕРІВНОТОЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ОДНІЄЇ ВЕЛИЧИНИ

Мета роботи: практичне застосування формул математичного опрацювання нерівно-точних вимірювань однієї величини; засвоєння методу визначення найбільш надійного або вірогіднішого значення вимірюваної величини та оцінки точності вимірювань.

Вихідні дані. Видаються викладачем за індивідуальним номером варіанту.

Прилади та приладдя. Інженерний мікрокалькулятор.

Зміст роботи. В результаті повторних нерівно-точних вимірювань однієї величини X , істинне значення якої є невідомим, отриманий ряд результатів

$$l_1, l_2 \dots l_n$$

із середніми квадратичними похибками

$$m_1, m_2 \dots m_n.$$

Необхідно обчислити найбільш надійне значення вимірюваної величини X , обчислити середні квадратичні похибки одиниці ваги і загальної арифметичної середини результатів вимірювань. Оцінити їх надійність.

Порядок роботи

1. Обчислити ваги p_i результатів нерівноточних вимірювань за формулою

$$p_i = \frac{c}{m_i^2}, \quad (14)$$

де m_i – середня квадратична похибка результату вимірювання;

c – коефіцієнт пропорційності, який може набувати довільних значень.

Коефіцієнт c обирають таким чином, щоб значення ваг були близькими до одиниці, наприклад, використовуючи формулу

$$c = \frac{(m_{\max}^2 - 1 + m_{\min}^2)}{2}, \quad (15)$$

де m_{\max} – друга за величиною найбільша середня квадратична похибка;

m_{\min} – друга за величиною найменша середня квадратична похибка.

2. Обчислити вірогідніше значення вимірюваної величини, як загальну арифметичну середину результатів вимірювань, за формулою

$$L = \frac{[pl]}{[p]}, \quad (16)$$

де l – результат вимірювання;

p – вага результату вимірювання.

Якщо кількість вимірювань n є достатньо великою, то замість формули (16) на практиці застосовують більш зручну формулу

$$L = L_0 + \frac{[p\delta]}{[p]}, \quad (17)$$

де L_0 – так званий «умовний нуль», тобто найменше значення зведеного ряду результатів вимірювань, або інше доцільно обране значення таким чином, щоб різниці (5) були малими величинами.

Щоб не накопичувати похибки заокруглення, загальну арифметичну середину L обчислюють з числом десяткових знаків на три більшим, ніж в результатах вимірювань l_i . Потім заокруглюють це значення, залишаючи таку ж кількість десяткових знаків, як у результатах вимірювань. Таким чином отримують дещо зміщене значення L' , яке відрізняється від L на малу величину β , обчислену за формулою (6).

3. Обчислити поправки, тобто відхилення результатів вимірювань l_i від загальної арифметичної середини L' за формулою (7).

Так як обчислення поправок виконують з використанням заокругленого на величину β значення загальної арифметичної середини, замість вірогідніших поправок отримують їх зміщені значення. Які, в свою чергу, також відрізняються від вірогідніших на величину β . Тому контролем обчислення поправок слугує не четверта властивість загальної арифметичної середини [4], а рівність

$$[pv] = [p] \cdot \beta. \quad (18)$$

4. Двічі, з урахуванням виразу

$$[pv^2] = [p\delta^2] - \frac{[p\delta]^2}{[p]} \quad (19)$$

обчислити емпіричну середню квадратичну похибку одиниці ваги за формулою

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}}. \quad (20)$$

5. Так як емпірична середня квадратична похибка одиниці ваги, обчислена за формулою (20), є величиною наближеною, то необхідно оцінити її надійність. Тобто обчислити середню квадратичну похибку середньої квадратичної похибки. Для цього застосовують формулу

$$m_\mu = \frac{\mu}{\sqrt{2(n-1)}}. \quad (21)$$

6. Обчислити середню квадратичну похибку загальної арифметичної середини за формулою

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}}. \quad (22)$$

7. Оцінити надійність середньої квадратичної похибки арифметичної середини за формулою

$$m_M = \frac{m_\mu}{\sqrt{[p]}}. \quad (23)$$

Приклад. Виконано 13 серій вимірювань довжини лінії світлодалекоміром. В кожній серії виконано різну кількість прийомів. Середнє значення довжини лінії в кожній серії і її середня квадратична похибка приведені в табл. 4. Виконати математичне опрацювання результатів нерівно точних вимірювань і оцінити їх надійність.

Находимо коефіцієнт пропорційності c , використовуючи вираз (15)

$$c = \frac{(4.7^2 + 1.2^2)}{2} \approx 12.$$

За формулою (14) обчислюємо ваги p_i вимірювань і підраховуємо їх суму. Результати заокруглюємо до 0.1 і заносимо до табл. 4 (колонка 4).

За умовний нуль приймаємо найменший із результатів вимірювань довжини лінії, тобто

$$L_0 = 251.033 \text{ м}$$

Обчислюючи за формулою (5) різниці δ_i , виражаємо їх значення в міліметрах і заносимо до табл. 4 (колонка 5).

Обчислюємо добутки $p\delta$, результати заокруглюємо до 0.1 і підраховуємо їх суму

$$[p\delta] = 1528.5.$$

Результати обчислень заносимо до табл. 4 (колонка 6). За формулою (17) обчислюємо вірогідніше значення довжини лінії

$$L = 251.048856 \text{ м}$$

Заокруглюємо отриманий результат до 0.001 мм,

$$L' = 251.049 \text{ м}$$

і находимо похибку заокруглення β за формулою (6)

$$\beta = 251.049 - 251.048856 = -0.000144 \text{ м} = -0.144 \text{ мм}$$

Таблиця 4 – Результати математичного опрацювання нерівноточних вимірювань

| № | $l, \text{м.}$ | $m, \text{мм.}$ | p | $\delta, \text{мм.}$ | $p\delta$ | $p\delta^2$ | $v, \text{мм.}$ | pv | pv^2 |
|----------|----------------|-----------------|------|----------------------|-----------|-------------|-----------------|--------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 251.035 | 3.2 | 1.2 | 2 | 2.4 | 4.8 | 14 | 16.8 | 235.2 |
| 2 | 251.035 | 4.2 | 0.7 | 2 | 1.4 | 2.8 | 14 | 9.8 | 137.2 |
| 3 | 251.060 | 0.6 | 33.3 | 27 | 899.1 | 24275.7 | -11 | -366.3 | 4029.3 |
| 4 | 251.033 | 1.6 | 4.7 | 0 | 0.0 | 0.0 | 16 | 75.2 | 1203.2 |
| 5 | 251.045 | 1.5 | 5.3 | 12 | 63.6 | 763.2 | 4 | 21.2 | 84.8 |
| 6 | 251.043 | 2.4 | 2.1 | 10 | 21.0 | 210.0 | 6 | 12.6 | 75.6 |
| 7 | 251.044 | 1.8 | 3.7 | 11 | 40.7 | 447.7 | 5 | 18.5 | 92.5 |
| 8 | 251.051 | 4.7 | 0.5 | 18 | 9.0 | 162.0 | -2 | -1.0 | 2.0 |
| 9 | 251.037 | 4.9 | 0.5 | 4 | 2.0 | 8.0 | 12 | 6.0 | 72.0 |
| 10 | 251.052 | 3.1 | 1.2 | 19 | 22.8 | 433.2 | -3 | -3.6 | 10.8 |
| 11 | 251.043 | 0.6 | 33.3 | 10 | 333.0 | 3330.0 | 6 | 199.8 | 1198.8 |
| 12 | 251.049 | 2.7 | 1.6 | 16 | 25.6 | 409.6 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | 251.046 | 1.2 | 8.3 | 13 | 107.9 | 1402.7 | 3 | 24.9 | 74.7 |
| Σ | | | 96.4 | | 1528.5 | 31449.7 | | 13.9 | 7216.1 |

Для оцінки точності вимірювань обчислюємо зміщені поправки v_i за формулою (7). Далі обчислюємо добутки pv і находимо їх суму, результати заносимо до табл. 4 (колонка 9). Виконуємо контроль розрахунків шляхом підстановки отриманих результатів у рівність (18)

$$13.9 = 13.9$$

Обчислюємо добутки $p\delta^2$, і pv^2 їх сумарні значення. Результати заокруглюємо до 0.1 і заносимо до табл. 4 (колонки 7 і 10 відповідно).

Двічі, з урахуванням виразу (19), обчислюємо значення емпіричної середньої квадратичної похибки одиниці ваги за формулою (20)

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{7216.1}{13-1}} = \pm \sqrt{\frac{31449.7 - \frac{1528.5^2}{96.4}}{13-1}} = 24.5 \text{ мм.}$$

Обчислюємо середню квадратичну похибку загальної арифметичної середини за формулою (22)

$$M = \pm \frac{24.5}{\sqrt{96.4}} = 2.5 \text{ мм}$$

Оцінюємо надійність величин m і M за формулами (21) і (23) відповідно

$$m_\mu = \frac{24.5}{\sqrt{2 \cdot (13-1)}} = 5.0 \text{ мм;}$$

$$m_M = \frac{2.5}{\sqrt{96.4}} = 0.51 \text{ мм.}$$

Остаточний результат математичного опрацювання нерівно точних вимірювань довжини лінії буде таким

$$L = 251.049 \text{ м} \pm 2.5 \text{ мм.}$$

Питання для самоперевірки

1. Які вимірювання називають нерівно-точними?
2. Що називають вагою результатів нерівно-точних вимірювань?
3. Назвіть властивості загальної арифметичної середини.
4. За якою формулою обчислюють середню квадратичну похибку загальної арифметичної середини?
5. Як пов'язані між собою вага і середня квадратична похибка результату вимірювання?

Джерела: [4], С. 76-77, 81-85, 89-90.

5 ВИВЧЕННЯ БУДОВИ НІВЕЛІРА. ВИМІРЮВАННЯ ПЕРЕВИЩЕНЬ

Мета роботи: ознайомитись з будовою нівеліра *H-10КЛ* і отримати практичні навички роботи з ним. Засвоїти порядок роботи на станції геометричного нівелювання і послідовність математичного опрацювання результатів вимірювань.

Прилади та приладдя. Нівелір *H-10КЛ*, штатив *ШР-120*, підставка.

Вихідні дані. Видаються викладачем за індивідуальним номером варіанту.

Зміст роботи. За допомогою нівеліра *H-10КЛ* необхідно виконати геометричне нівелювання двох зв'язуючих і однієї проміжної точки способом «із середини»; виконати математичне опрацювання результатів вимірювань.

Нівелір *H-10КЛ* це оптико-механічний прилад, призначений для вимірювання перевищень між точками геометричним методом. За будовою він відноситься до нівелірів з компенсатором, за класом точності – до технічних нівелірів. Загальний вигляд нівеліра представлений на рис. 8.

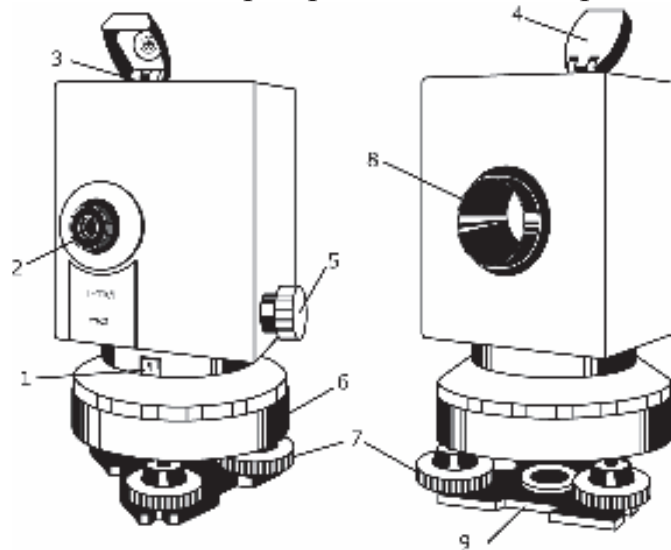


Рис. 8 – Нівелір *H-10КЛ*:

1 – лімб; 2 – окулярне кільце; 3 – круглий рівень; 4 – кришка-дзеркало;
5 – гвинт механізму перефокусування; 6 – підставка; 7 – підйомні гвинти;
8 – об'єktiv; 9 – пружиниста пластина

Для встановлення нівеліра на зручну для спостерігача висоту використовують нівелірний штатив. Нівелір кріпиться до штатива за допомогою станового гвинта.

Для вимірювання перевищень використовують рейки *РН-3*. Для контролю відліків поділки на рейці нанесені з обох боків. Поділки шашечці з інтервалом 1 см. З одного боку чергуються чорні та білі поділки (основна шкала), з іншого – червоні та білі (допоміжна шкала). На основній шкалі відлік поділок починається з нуля, на допоміжній – з довільного числа.

Порядок роботи

1. Отримати у викладача бланк із завданням на виконання лабораторної роботи.
2. Отримати у лаборанта кафедри нівелір *H-10КЛ*, штатив і підставку.
3. Обрати в аудиторії зручне місце для встановлення нівеліра, таким чином, щоб забезпечувалась видимість точок, нівелювання яких виконують (див. табл. 5, колонка 2).

4. Розкласти на підлозі аудиторії підставку (рис. 9). Відкріпити гвинти на ніжках штативу; витягнути ніжки уверх на зручну для роботи з нівеліром висоту. Встановити ніжки штативу в отвори підставки. Прикріпити нівелір до штативу за допомогою станового гвинта.

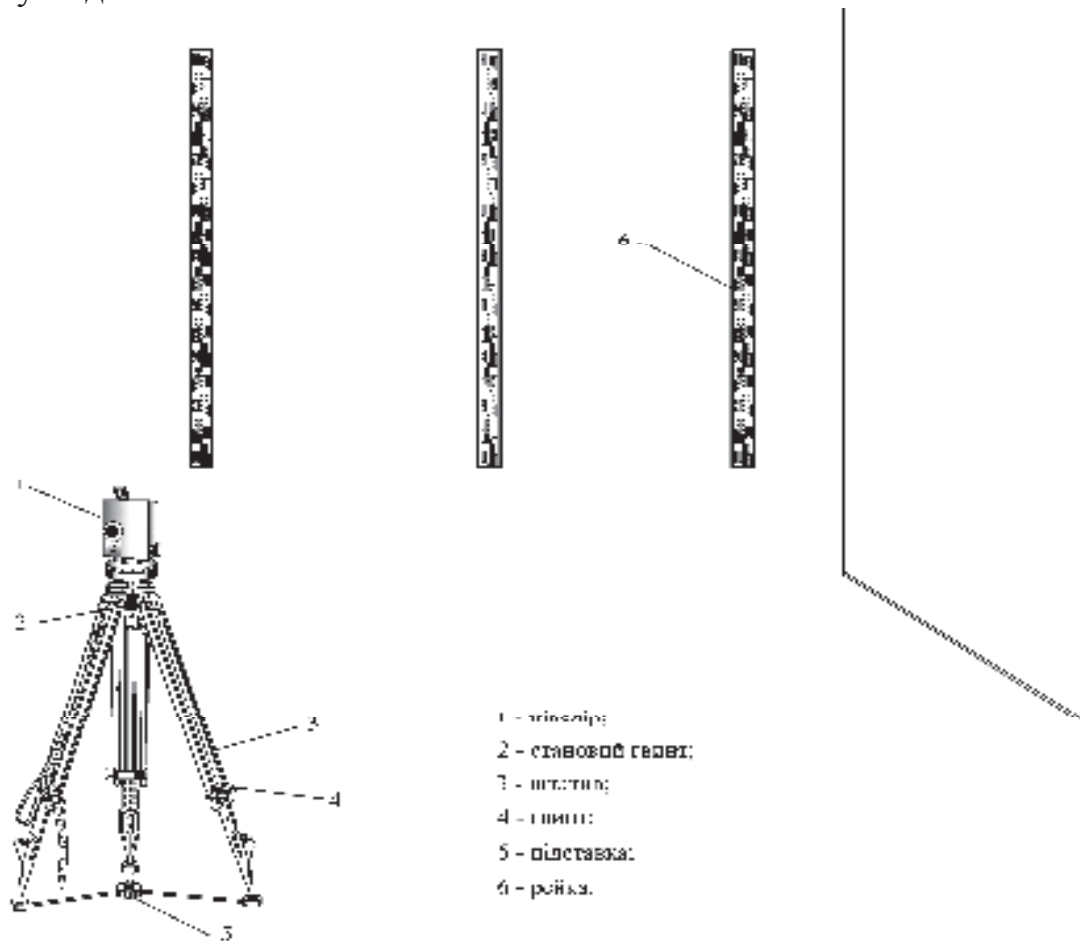


Рис. 9 – Схема розташування нівеліру під час вимірювання перевищень

5. Установити нівелір в робоче положення:

- обертанням окулярного кільця встановити в зоровій трубі чітке зображення сітки ниток;
- виконати горизонтування приладу.

Горизонтування виконується приведенням бульбашки круглого рівня до центру ампули. Спочатку обертають два підйомних гвинта в протилежних напрямках, і таким чином встановлюють бульбашку рівня за напрямком третього гвинта підставки (рис. 10 а). Потім обертанням третього гвинта приводять бульбашку до центру ампули (рис. 10 б).

6. Навести зорову трубу на першу вказану у завданні зв'язуючу точку (умовно на задню рейку). За допомогою гвинта механізму перефокусування встановити чітке зображення рейки в зоровій трубі.

7. Взяти відлік за основною U_0 і допоміжною U_1 шкалам рейки.

На рис. 11 наведено поле зору нівеліра *H-10KL* в момент взяття відліку. Вертикальний штрих сітки ниток наводять на центр рейки і беруть відлік за горизонтальним штрихом. Спочатку беруть кількість підписаних дециметрів (11), потім повних сантиметрових поділок (8) і на око оцінюють десяті частки сантиметрової поділки (4). Повний відлік складає $1100 + 80 + 4 = 1184$ мм.

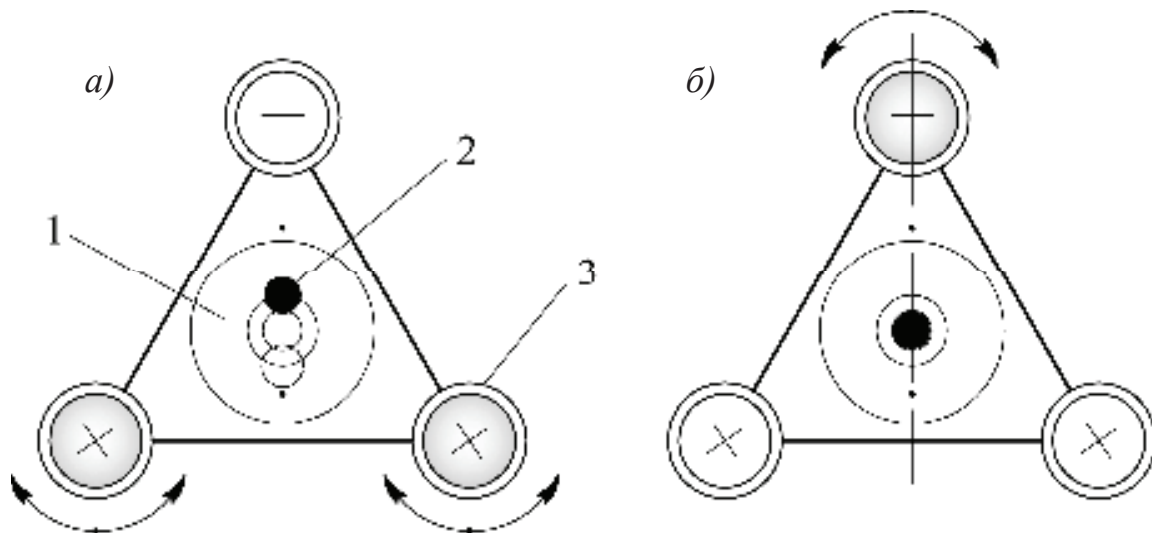


Рис. 10 – Схема приведення бульбашки круглого рівня в нуль-пункт
1 – круглий рівень; 2 – бульбашка рівня; 3 – підйомний гвинт

Отримані відліки $U_{\text{з}}^{\circ}$ і $U_{\text{з}}^{\text{д}}$ заносять до таблиці 5 (колонка 3, рядок 1 і 2 відповідно)

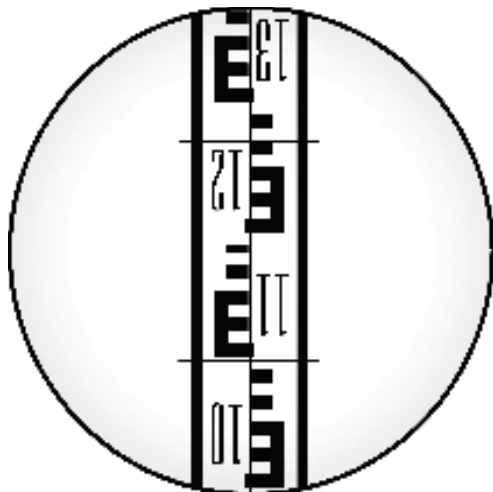


Рис. 11 – Поле зору нівеліра
Н-10КЛ. Відлік по рейці
дорівнює 1184 мм

8. Перевести зорову трубу на другу (передню) зв'язуючу точку. Взяти відлік за основною $U_{\text{п}}^{\circ}$ і допоміжною $U_{\text{п}}^{\text{д}}$ шкалам рейки і занести їх до таблиці 5 (колонка 4, рядок 3 і 4 відповідно).

9. Навести зорову трубу на третю (проміжну точку) і взяти відлік $U_{\text{п}}^{\circ}$ за основною шкалою рейки. Результат занести в таблицю 5 (колонка 5, рядок 5).

10. Виконати математичну обробку результатів вимірювань.

10.1 За відліками, отриманими по шкалам задньої і передньої рейок, обчислити перевищення між ними. Для цього використовують формули:

$$\begin{aligned} h^{\circ} &= U_{\text{з}}^{\circ} - U_{\text{п}}^{\circ}; \\ h^{\text{д}} &= U_{\text{з}}^{\text{д}} - U_{\text{п}}^{\text{д}}, \end{aligned} \quad (24)$$

де $U_{\text{з}}^{\circ}$ – відлік за основною шкалою задньої рейки;

$U_{\text{п}}^{\circ}$ – відлік за основною шкалою передньої рейки;

$U_{\text{з}}^{\text{д}}$ – відлік за допоміжною шкалою задньої рейки;

$U_{\text{п}}^{\text{д}}$ – відлік за допоміжною шкалою передньої рейки.

Результати занести до колонки 6 або 7 таблиці 5 (відповідно до знаку перевищення).

Таблиця 5 – Журнал технічного нівелювання

| № станції | № точки | Відлік за шкалою рейки, мм | | | Перевищення h, мм | | | | Висота осі візування $H^{ов}$, м | Висота точки Н, м |
|-----------|---------|----------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|---|---------|---|-----------------------------------|-------------------|
| | | задньої $U_з$ | передньої $U_п$ | проміжної $U_{пр}$ | вимірняне | | середнє | | | |
| | | | | | + | - | + | - | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | A | 2190 | | | | | | | 102.190 | 100.000 |
| | | 6840 | | | 1640 | | 1639 | | | |
| | B | | 0550 | | 1638 | | | | | 101.639 |
| | | | 5202 | | | | | | | |
| | C | | | 1166 | | | | | | 101.024 |

10.2 Порівняти отримані результати. Повинна виконуватись наступна умова

$$|h^o - h^a| \leq 5 \text{ мм.} \quad (25)$$

При її виконанні обчислюють середнє перевищення за формулою

$$h^{cp} = \frac{h^o + h^a}{2}, \quad (26)$$

і отриманий результат заносять до колонки 8 або 9 табл. 5 (відповідно до знаку перевищення). Якщо умова не виконується, вимірювання перевищень повторюють до її виконання.

10.3 Обчислити висоту передньої зв'язуючої точки $H_{п}$ за відомою висотою задньої точки H_z і перевищенням між ними h^{cp} . Для цього використовують формулу

$$H_{п} = H_z + h^{cp}. \quad (27)$$

Отриманий результат занести до таблиці 1 (колонка 11, рядок 3).

10.4 Обчислити висоту осі візування $H^{ов}$ за формулою

$$H^{ов} = H_z + U_z^o. \quad (28)$$

Результат занести до таблиці 5 (колонка 10, рядок 1).

10.5 Обчислити висоту проміжної точки за формулою

$$H_{пр} = H^{ов} - U_{пр}^o. \quad (29)$$

Результат занести до таблиці 5 (колонка 11, рядок 5).

11. Здати прилади лаборанту кафедри.

12. Підготувати звіт з лабораторної роботи.

Питання для самоперевірки

1. Що називають нівеліром?
2. Як класифікують нівеліри за будовою і точністю?
3. Які методи нівелювання вам відомі?
4. Якою є головна вимога, що ставиться до нівеліру будь-якого типу?
5. Назвіть принцип тригонометричного нівелювання та прилади, якими його виконують.
6. Назвіть принцип барометричного нівелювання та прилади, якими його виконують.
7. В якій послідовності приводять в робоче положення нівелір?
8. Назвіть способи геометричного нівелювання.
9. Назвіть порядок роботи на станції геометричного нівелювання.

Джерела: [2], С. 35-39; [3], С. 162-184.

6 ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТЕОДОЛІТА. ВИМІРЮВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ КУТІВ

Мета роботи: Ознайомитись з будовою теодоліта *2ТЗ0М* і отримати практичні навички роботи з ним. Засвоїти принцип вимірювання горизонтального кута способом прийомів, і послідовність математичного опрацювання результатів вимірювань.

Прилади та приладдя. Теодоліт *2ТЗ0М*, штатив *ШР-120*, нитковий висок, шпилька, підставка.

Вихідні дані. Видаються викладачем за індивідуальним номером варіанту.

Зміст роботи. За допомогою теодоліта *2ТЗ0М* необхідно виконати вимірювання горизонтального кута способом прийомів між напрямками на дві візирні марки; виконати математичне опрацювання результатів вимірювань.

Теодоліт *2ТЗ0М* це оптико-механічний прилад, призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів. За класом точності він відноситься до технічних теодолітів; точність вимірювання кута становить $30''$.

На рис. 12 приведений загальний вигляд теодоліта *2ТЗ0М*.

Для встановлення теодоліта на зручну для спостерігача висоту використовують штатив. Теодоліт кріпиться до штатива за допомогою станового гвинта.

Порядок роботи.

1. Отримати у викладача бланк із завданням на виконання лабораторної роботи.
2. Отримати у лаборанта кафедри теодоліт *2ТЗ0М*, штатив, підставку, нитковий висок, шпильку.
3. Розкласти на підлозі підставку на станції, номер якої вказаний у вашому варіанті завдання (див. табл. 9, колонка 1). Встановити ніжки штатива в отвори підставки. Прикріпити теодоліт до штативу за допомогою станового гвинта

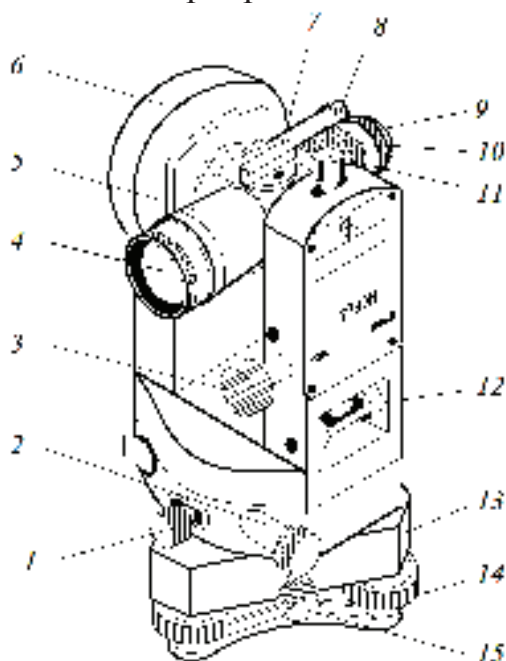


Рис. 12 – Теодоліт *2ТЗ0М*

- 1 – закріпний гвинт горизонтального круга;
- 2 – навідний гвинт горизонтального круга;
- 3 – навідний гвинт зорової труби;
- 4 – об'єktiv;
- 5 – зорова труба;
- 6 – вертикальний круг;
- 7 – оптичний візир;
- 8 – трубка відлікового мікроскопа;
- 9 – окуляр (діоптрійне кільце);
- 10 – кільце фокусуючої лінзи;
- 11 – закріпний гвинт зорової труби;
- 12 – циліндричний рівень;
- 13 – підставка;
- 14 – підйомні гвинти;
- 15 – закріпний гвинт підставки.

4. Установити теодоліт у робоче положення.

- Обертанням діоптрійного кільця встановити в зоровій трубі чітке зображення сітки ниток.

- Виконати центрування приладу.

Центрування виконують за допомогою ниткового виска. Спочатку на гачок станового гвинта підвішують шпильку, на шпильку підвішують нитковий висок. Регулюють довжину нитки таким чином, щоб висок знаходився якомога ближче до підлоги. Якщо висок не співпадає з центром точки, то його положення регулюють змінюючи висоту ніжок штатива, доки відхилення виска від центру точки не буде перевищувати 3-4 мм.

- Виконати горизонтування приладу.

Горизонтування виконують приведенням бульбашки циліндричного рівня до центру ампули. Горизонтування виконують за допомогою підйомних гвинтів у такій послідовності.

а. Циліндричний рівень встановлюють паралельно напрямку двох підйомних гвинтів. Обертаючи ці гвинти одночасно в протилежних напрямках, виводять бульбашку на середину рівня (рис. 13, а).

б. Розвертають теодоліт на 90° і, обертанням тільки третього підйомного гвинта, переміщують бульбашку на середину рівня (рис. 13, б).

в. Повертають теодоліт у початкове положення. Бульбашка повинна залишатися на середині рівня, або відхилитися від неї не більше ніж на одну поділку. Якщо умова не виконується, повторюють дії описані в пунктах «а» і «б» до її виконання.

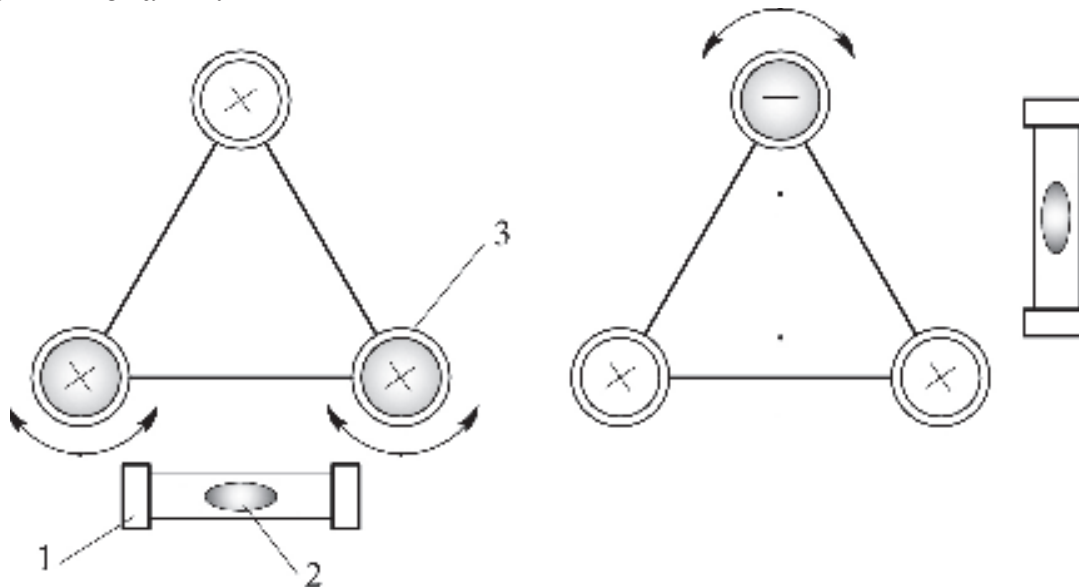


Рис. 13 – Схема приведення бульбашки циліндричного рівня в нуль-пункт
1 – циліндричний рівень; 2 – бульбашка рівня; 3 – підйомний гвинт

5. Виміряти способом прийомів горизонтальний кут між напрямками на дві візирні марки, номери яких вказані у вашому варіанті завдання (див. табл. 6, колонка 2)

5.1 В журналі вимірювання горизонтального кута (табл. 6, колонка 7) зобразити схему взаємного розміщення точок.

Таблиця 6 – Журнал вимірювання горизонтального кута

| № точки | | Положення вертикального круга | Відлік за горизонтальним кругом | Горизонтальний кут | | Схема розташування точок |
|---------|-----------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------|----------|--------------------------|
| стояння | візування | | | з напівприйому | середній | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| | 8 | КЛ | 100°30.5' | 90°20.5' | | |
| 16 | 2 | КЛ | 10°10.0' | | 90°21.0' | |
| | 8 | КП | 280°31.5' | 90°21.5' | | |
| | 2 | КП | 190°10.0' | | | |

5.2 Виконати дії першого напівприйому.

- Відкріпити закріпні гвинти горизонтального круга і зорової труби.

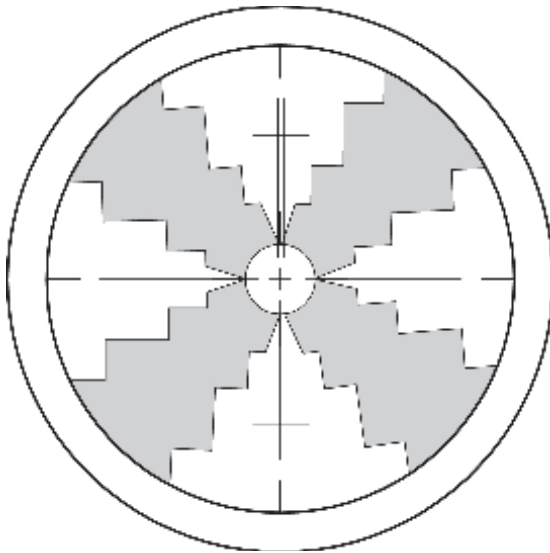


Рис. 14 – Наведення перехрестя сітки ниток на центр візирної марки

- Встановити вертикальний круг теодоліта ліворуч відносно зорової труби і зробити відповідну позначку («КЛ») в журналі вимірювання горизонтального кута (табл. 6, колонка 3)

- За допомогою оптичного візиру навести зорову трубу на праву візирну марку.

- Закрутити закріпні гвинти горизонтального круга і зорової труби.

- Дивлячись в окуляр, за допомогою навідних гвинтів навести перехрестя сітки ниток на центр візирної марки, як показано на рис. 14.

- В трубці відлікового мікроскопа взяти відлік за шкалою горизонтального круга.

На рис. 15 наведено поле зору відлікового мікроскопу теодоліта 2Т30М. Верхня частина поля зору дає зображення шкали і поділок лімба вертикального круга, нижня – горизонтального. Ціна поділки шкали дорівнює 1'. Десяті частки поділки шкали оцінюють на око, отже відлік виконують до 0.1'. Під час вимірювання кутів зі шкалою співпадає один із градусних штрихів лімба (88 – для горизонтального круга на рис. 15). За цим штрихом визначають кількість

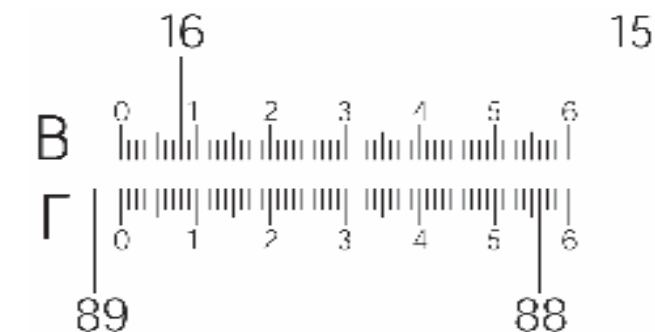


Рис. 15 – Поле зору шкалового мікроскопа теодоліта 2Т30М. Відлік за горизонтальним кругом дорівнює 88°56'

цілих градусів. Мінuti відраховують зліва направо від нульової поділки шкали до градусного штриха. Кількість поділок дорівнює кількості мінut.

Отриманий відлік $U_{пр}^{кл}$ занести до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 6, колонка 4, рядок 1)

- Відкріпити закріпні гвинти горизонтального круга і зорової труби. Навести зорову трубу на ліву візирну марку і взяти відлік $U_{лз}^{кл}$ за шкалою горизонтального круга. Результат занести до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 6, колонка 4, рядок 2).

- Обчислити значення горизонтального кута $\beta^{кл}$ за формулою

$$\beta^{кл} = U_{пр}^{кл} - U_{лз}^{кл}. \quad (30)$$

Тобто, горизонтальний кут дорівнює різниці відліків, отриманих при візуванні на праву і ліву точки. Результат заносять до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 6, колонка 5, рядок 1).

5.3 Виконати дії другого напівприйому (виконуються для контролю вимірювань).

- Перевести зорову трубу через зеніт і змінити, таким чином, положення вертикального круга на протилежне – «КП».

- Повторити дії першого напівприйому, отримавши відліки за горизонтальним кругом $U_{лз}^{кл}$ і $U_{пр}^{кл}$. Результати занести до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 6, колонка 4, рядки 4 і 3, відповідно).

- Обчислити значення горизонтального кута $\beta^{кл}$ за формулою

$$\beta^{кл} = U_{пр}^{кл} - U_{лз}^{кл}. \quad (31)$$

Результат занести до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 6, колонка 5, рядок 3).

5.4 Порівняти отримані результати. Повинна виконуватись наступна умова

$$|\beta^{кл} - \beta^{кп}| \leq 1'. \quad (32)$$

При її виконанні обчислити середнє значення горизонтального кута за формулою

$$\beta_{ср} = \frac{\beta^{кл} + \beta^{кп}}{2}. \quad (33)$$

Отриманий результат занести у колонку 6, табл. 6. Якщо умова не виконується, вимірювання горизонтального кута повторити до її виконання.

5.5 Здати прилади лаборанту кафедри.

5.6 Підготувати звіт з лабораторної роботи.

Питання для самоперевірки

1. Що називають теодолітом?
2. Як класифікують теодоліти за точністю?
3. Назвіть принцип вимірювання горизонтального кута?
4. За якими формулами обчислюють значення горизонтального кута?
5. Назвіть основні осі теодоліта та вимоги щодо їх взаємного розміщення.
6. Як із якою точністю виконують центрування теодоліта?
7. Назвіть послідовність горизонтування теодоліта.
8. Назвіть способи вимірювання горизонтальних кутів та сфери їх застосування. Що таке напівприйм.
9. Що таке перевірки теодоліта і в якій послідовності їх виконують для теодоліта 2Т30.

Джерела: [2], С. 30-34; [3], С. 111-122, 125-140.

7 ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ НАХИЛУ

Мета роботи: засвоїти методику визначення місця нуля вертикального круга теодоліта, та принцип вимірювання кутів нахилу.

Вихідні дані. Видаються викладачем за індивідуальним номером варіанту.

Прилади та приладдя. Теодоліт *2Т30М*, штатив *ШР-120*, нитковий висок, шпилька, підставка.

Зміст роботи. Необхідно обчислити місце нуля вертикального круга теодоліта *2Т30М* та виконати вимірювання кутів нахилу на дві візирні марки (рис. 16).

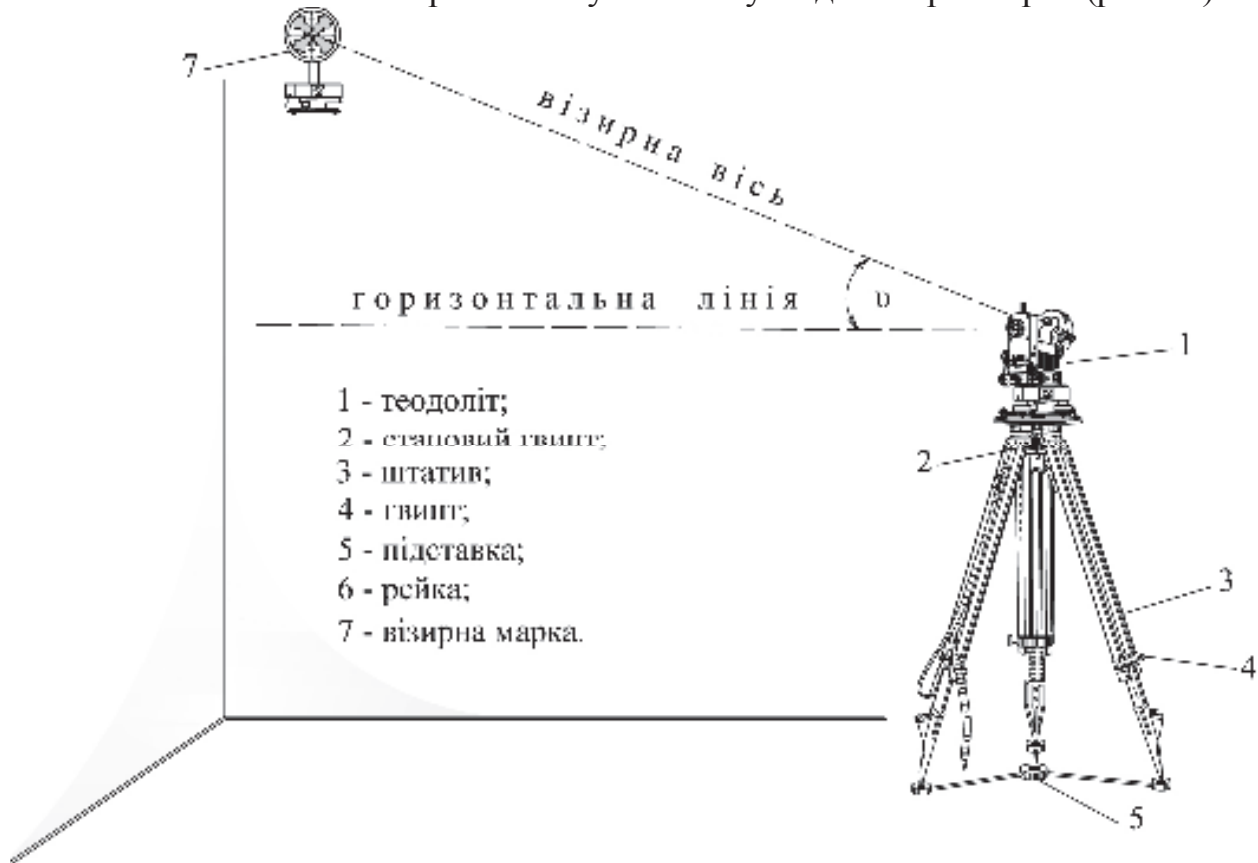


Рис. 16 – Схема вимірювання кута нахилу

Місце нуля (МО) – це відлік за вертикальним кругом теодоліта при горизонтальному положенні візирної осі.

Місце нуля може дорівнювати нулю, або відрізнятися від нього на мінути чи десятки мінут. Місце нуля визначають двічі при наведенні зорової труби на дві різні точки, та враховують при вимірюванні кутів нахилу в якості поправки до відліків отриманих за вертикальним кругом.

Порядок роботи.

1. Отримати у викладача бланк із завданням на виконання лабораторної роботи.
2. Отримати у лаборанта кафедри теодоліт *2Т30М*, штатив, підставку, нитковий висок, шпильку.
3. Розкласти на підлозі підставку на станції, номер якої вказаний у вашому варіанті завдання (див. табл. 9, колонка 1). Відкріпивши на штативі гвинти, підняти ніжки вгору на зручну для вас висоту. Закріпити гвинти. Встановити ніжки штатива в отвори підставки. Прикріпити теодоліт до штативу за допомогою станового гвинта

4. Установити теодоліт у робоче положення.

- Обертанням діоптрійного кільця встановити в зоровій трубі чітке зображення сітки ниток.

- Виконати центрування приладу (див. л.р.№6, п. 4).

- Виконати горизонтування приладу (див. л.р.№6, п. 4).

5. Визначити місце нуля вертикального круга теодоліта.

- Відкріпити закріпні гвинти горизонтального круга і зорової труби.

- Встановити вертикальний круг теодоліта ліворуч відносно зорової труби і зробити відповідну позначку («КЛ») в журналі вимірювання вертикального кута (табл. 7, колонка 3).

Таблиця 7 – Журнал вимірювання кута нахилу

| № точки | | Положення вертикального круга | Відлік за вертикальним кругом | Місце нуля, MO | Кут нахилу u | Схема розташування точок |
|---------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| стояння | візування | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| | 2 | КЛ | $5^{\circ}47.5'$ | $360^{\circ}01.3'$ | $5^{\circ}46.1'$ | |
| 16 | 2 | КП | $174^{\circ}15.0'$ | $360^{\circ}01.4'$ | | |
| | 8 | КЛ | $7^{\circ}03.0'$ | $360^{\circ}01.5'$ | $7^{\circ}01.6'$ | |
| | 8 | КП | $173^{\circ}00.0'$ | | | |

- За допомогою оптичного візиру навести зорову трубу на першу візирну марку, номер якої вказаний у вашому варіанті завдання (див. табл. 7, колонка 2, рядок 1).

- Закрутити закріпні гвинти горизонтального круга і зорової труби.

- Дивлячись в окуляр, за допомогою навідних гвинтів навести перехрестя сітки ниток на центр візирної марки.

- В мікроскопі взяти відлік $U^{КЛ}$ за шкалою вертикального круга, та занести його до журналу вимірювання кута нахилу (табл. 7, колонка 4, рядок 1).

- Відкріпити закріпні гвинти горизонтального круга і зорової труби. Перевести зорову трубу через зеніт та розвернути теодоліт на 180° , змінивши таким чином положення вертикального круга на протилежне – «КП».

- Навести зорову трубу на першу візирну марку та взяти відлік за вертикальним кругом $U^{КП}$. Результат занести до журналу вимірювання кута нахилу (табл. 7, колонка 4, рядок 2).

- Обчислити значення місця нуля за формулою

$$MO = \frac{U^{КЛ} + U^{КП} + 180^{\circ}}{2}. \quad (34)$$

При цьому до відліку менше 90° потрібно додати 360° . Наприклад, $U^{КЛ} = 5^{\circ}47.5'$, $U^{КП} = 174^{\circ}15'$, в такому випадку MO дорівнює

$$MO = \frac{5^{\circ}47.5' + 360^{\circ} + 174^{\circ}15' + 180^{\circ}}{2} \approx 360^{\circ}01.3'.$$

- Для контролю визначення місця нуля виконати повторно при наведенні на другу візирну марку, результати занести до журналу вимірювання кута нахилу (табл. 7).

- Якщо обидва значення MO відрізняються між собою не більше ніж на $1'$, то обчислити середнє значення MO_{cp} з округленням до $0.1'$. Результат занести до журналу вимірювання кута нахилу (табл. 7, колонка 5, рядок 2). Якщо умова не виконується, вимірювання повторити до її виконання.

6. Обчислити значення кутів нахилу на обидві візирні марки за однією із формул

$$\nu = U^{кл} - (MO_{cp} \pm 360^\circ);$$

$$\nu = MO_{cp} - (U^{кл} \pm 180^\circ).$$

Результати занести до журналу вимірювання кута нахилу (табл. 7, колонка 6, рядок 1 і 3, відповідно).

Наприклад, кут нахилу на точку 2 дорівнює

$$\nu = 5^\circ 47.5' - (360^\circ 01.4' - 360^\circ) = 5^\circ 46.1'.$$

7. Здати прилади лаборанту кафедри.

8. Підготувати звіт з лабораторної роботи.

Питання для самоперевірки

1. Які відлікові пристрої використовують в теодолітах?
2. Що таке місце нуля (МО) вертикального круга і для чого його потрібно знати?
3. Як визначають місце нуля?
4. За якими формулами обчислюють значення кута нахилу?

Джерела: [2], С. 34-35; [3], С. 140-144.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 [Текст]. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001. – 130 с.
2. Шаульський, Д. В. Конспект лекцій з дисципліни «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ» (для студентів 1 курсу денної форми навчання, напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція») [Текст] / Д. В. Шаульський; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; – Х. : ХНУМГ, 2013. – 68 с.
3. Войтенко, С. П. Інженерна геодезія: підручник [Текст] / С. П. Войтенко. – К: Знання, 2009. – 557 с.
4. Метешкін, К. О. Математична обробка геодезичних вимірів: навч. посібник [Текст] / К. О. Метешкін, Д. В. Шаульський; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 177 с.
5. Перфилов, В.Ф. Геодезія: Учеб. для вузов [Текст] / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006.
6. ДСТУ 2756-94. Геодезія. Терміни та визначення. [Текст] / К.: Держстандарт України, 1994.
7. ДСТУ 2757-94. Картографія. Терміни та визначення. [Текст] / К.: Держстандарт України, 1994.

Додаток А

Стандартний шрифт ГОСТ 2.304-81 Тип А

Аа, Бб, Вв, Гг, Дд,
Ее, Ёё, Жж, Зз, Ии, Іі,
Її, Йй, Кк, Лл, Мм, Нн,
Оо, Пп, Рр, Сс, Тт, Уу,
Фф, Хх, Цц, Чч, Шш,
Щщ, Ъъ, Юю, Яя.
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Розмір шрифту

| Параметри | Розмір, мм | | | | | | |
|---------------------------------|------------|------|------|-----|------|------|------|
| Висота великих букв | 2.5 | 3.5 | 5.0 | 7.0 | 10.0 | 14.0 | 20.0 |
| Висота маленьких букв | 1.8 | 2.5 | 3.5 | 5.0 | 7.0 | 10.0 | 14.0 |
| Відстань між буквами | 0.35 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 2.0 | 2.8 |
| Мінімальна відстань між словами | 1.1 | 1.5 | 2.1 | 3.0 | 4.2 | 6.0 | 8.4 |
| Товщина ліній | 0.18 | 0.25 | 0.35 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.4 |

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи
з дисципліни

ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ

*(для студентів I курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.060101
«Будівництво» спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

Укладач **ШАУЛЬСЬКИЙ** Дмитро Васильович

Відповідальний за випуск *В. В. Умніцин*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *Д. В. Шаульський*

Комп'ютерне верстання *Д. В. Шаульський*

План 2012, поз.78М

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Підп. до друку 02.12.2013 | Формат 60 x 84/16 |
| Друк на різнографі | Ум. друк. арк. 2,0 |
| Зам. № | Тираж 50 пр. |

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК №4064 від 12.05.2011 р.